

⑫ 公開特許公報(A) 平2-96120

⑬ Int.Cl.⁵G 02 F 1/35
G 02 B 6/10

識別記号

5 0 1

C

庁内整理番号

7348-2H
7036-2H

⑭ 公開 平成2年(1990)4月6日

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全5頁)

⑮ 発明の名称 光ファイバ伝送路

⑯ 特 願 昭63-247445

⑰ 出 願 昭63(1988)10月3日

⑱ 発 明 者 猿 渡 正 俊 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

⑲ 発 明 者 岩 月 勝 美 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

⑳ 出 願 人 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号

㉑ 代 理 人 弁理士 吉田 精孝

明 細 書

1. 発明の名称

光ファイバ伝送路

2. 特許請求の範囲

(1) 光ソリトンが伝搬可能な異常分散を有する光ファイバ伝送路において、

励起光源による励起光と光ソリトンを合波し当該伝送路に入射する光合波手段と、

損失を有する異常分散光ファイバと、

光増幅機能を付与した光増幅用異常分散光ファイバとを備え、

前記異常分散光ファイバと前記光増幅用異常分散光ファイバを交互に接続した

ことを特徴とする光ファイバ伝送路。

(2) 前記光増幅用異常分散光ファイバ長を励起光伝搬方向に順次、長尺化した請求項(1)記載の光ファイバ伝送路。

(3) 光ソリトン出射端側に、光ソリトンと励起光を合波し、かつ励起光を該出射端側から当該伝送路に入射する光合波手段を配設した請求項

(1) または請求項(2)記載の光ファイバ伝送路。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、光ファイバ損失による光ソリトンの崩壊を防ぎ、光ソリトンの長距離伝搬を可能とした光ファイバ伝送路に関するものである。

(従来の技術)

光ファイバのもつ非線形性を積極的に用いて、光パルスの波長分散による波形劣化が補償された光ソリトンは、将来の超長距離、超高速光通信への応用が期待されている。しかしながら、光ソリトンは光ファイバのもつ損失により崩壊してしまうことが知られている。そこで、誘導ラマン増幅用の励起光源を伝送路途中にある間隔で配設し、光ファイバの損失を補償する手法が提案されている(L.P.Mollenauer et al., IEEE vol QE-22, p157, 1986参照)。

実際、100mW程度の出力をもつCW励起光源を40kmおきに光ファイバ伝送路途中に配設することで、光ソリトンを6000km劣化させ

ることなく伝搬させることに成功している (L.P. Mollenauer et al., XVI International Conference on Quantum Electronics p460, 1988 参照)。
(発明が解決しようとする課題)

しかしながら、上記手法によれば、励起光源を光ファイバ伝送路途中に配設するために、この手法を例えば、海底光通信システムに応用した場合等、システムの信頼性、保守性等に難点を生じるという問題点がある。

本発明の目的は、上記問題点に鑑み、励起光源を伝送路途中に配設することなく、光ソリトンを長距離伝搬させることのできる光ファイバ伝送路を提供することにある。

(課題を解決するための手段)

上記目的を達成するため、請求項(1)では、光ソリトンが伝搬可能な異常分散を有する光ファイバ伝送路において、励起光源による励起光と光ソリトンを合波し当該伝送路に入射する光合波手段と、損失を有する異常分散光ファイバと、光増幅機能を付与した光増幅用異常分散光ファイバとを

備え、前記異常分散光ファイバと前記光増幅用異常分散光ファイバを交互に接続した。

また、請求項(2)では、前記光増幅用異常分散光ファイバ長を励起光伝搬方向に順次、長尺化した。

また、請求項(3)では、光ソリトン出射端側に、光ソリトンと励起光を合波し、かつ励起光を該出射端側から当該伝送路に入射する光合波手段を配設した。

(作用)

請求項(1)によれば、光ソリトンパルスと励起光源による励起光が光合波手段で合波されて、伝送路の光ソリトン入射端側の異常分散光ファイバに入射する。光ソリトンパルスは、この異常分散光ファイバを伝搬中に減衰し、次に光増幅用異常分散光ファイバに入射する。減衰した光ソリトンパルスは、この光増幅用異常分散光ファイバを伝搬中に増幅されて、次の異常分散光ファイバに入射し減衰作用を受け、続いて光増幅用異常分散光ファイバに入射し増幅作用を受ける。このように、

- 3 -

光ソリトンパルスは、減衰作用と増幅作用を交互に繰り返し受け、当該伝送路中を崩壊することなくその性質を保持しながら長距離を伝搬される。

また、請求項(2)によれば、励起光は光ファイバを伝搬するにつれ減衰するので、これを防止するために、光増幅用異常分散光ファイバ長が順次長くなるように選定される。

この選定される光増幅用異常分散光ファイバ長を第2図に基づいて説明する。第2図において、Sは光ソリトンパルス、Pは励起光、L_aは異常分散光ファイバ長、L_{PN}は光増幅用異常分散光ファイバ長である。ここで、利得係数をr、入力する励起光パワーをP₀、光ソリトンパルスSに対する光ファイバの損失をα_s、励起光Pに対する光ファイバの損失をα_p、i番目の光増幅用異常分散光ファイバ長をL_{pi}、光ファイバの有効コア断面積をA_{eff}とすると、N番目の光増幅用異常分散光ファイバ長L_{PN}は、次の(1)式で表すことができる。

- 4 -

$$L_{PN} = \frac{\alpha_s L_a}{r P_0 \exp[-\alpha_p \{(N-1)L_a + \sum_{i=1}^{N-1} L_{pi}\}] - \alpha_s A_{eff}} \quad \dots (1)$$

また、当該光ファイバ伝送路の最大伝送路長Z_{max} [≒NL_a + ΣL_{pi}]は、L_{PN}>0の条件から次の(2)式により求めることができる。

$$Z_{max} \simeq \frac{1}{\alpha_p} \ln \left(\frac{r P_0}{\alpha_s A_{eff}} \right) \quad \dots (2)$$

上記(2)式で典型値として、α_s = α_p = 0.046 m⁻¹ (0.2 dB/km に相当)、r = 2×10⁻¹⁰ m/W、A_{eff} = 100 μm²、P₀ = 10 W とすると、最大伝送路長Z_{max}は380 km となる。

また、請求項(3)によれば、第2図に示した光ファイバ伝送路を上記Z_{max}で対称に折り返し、当該伝送路の光ソリトン出射端側からも励起光Pを注入することにより、約800 km と上記の2倍の

- 5 -

- 6 -

無中継伝送が可能となる。

(実施例)

第1図は、本発明による光ファイバ伝送路の一実施例を示す構成図である。第1図において、1は通常の異常分散を有するシングルモード光ファイバ（以下、単に光ファイバと称す）で、これらを伝搬する光ソリトンが崩壊し、その性質を失わない程度にその長さを選定してある。2はErあるいはGe等の元素をドーピングして光増幅機能を付与した異常分散を有する光増幅用シングルモード光ファイバ（以下、単に光増幅用光ファイバと称す）で、励起光Pが当該光ファイバ伝送路を伝搬するにつれ減衰するので、これを防止するために、その長さを光ソリトンパルスSの入射端並びに出射端の各々から伝送路中央部に向かって順次に長くなるように選定してある。これら複数の光ファイバ1と光増幅用光ファイバ2は、光コネクタ3によって交互に接続してある。4a、4bは励起光源、5a、5bはダイクロイックミラーで、光ソリトンパルスSの波長を透過し励起光Pの波

長を反射するものを選択してあり、光ソリトンパルスSと励起光Pを合波する。これら励起光源4a及びダイクロイックミラー5aは光ソリトンパルスSの入射端側に配設され、励起光源4b及びダイクロイックミラー5bは光ソリトンパルスSの出射端側に配設されて、当該光ファイバ伝送路の両端から励起光Pが注入されるように構成されている。

なお、光増幅用光ファイバ2にEr元素をドーピングして光増幅機能を付与した場合には、光ソリトンパルスS及び励起光Pの波長はそれぞれ、 $1.55\mu\text{m}$ 、 $0.53\mu\text{m}$ となる。また、Ge元素をドーピングした場合は、光ソリトンパルスS及び励起光Pの波長はそれぞれ、 $1.55\mu\text{m}$ 、 $1.47\mu\text{m}$ となる。

次に、上記構成による動作を説明する。

光ソリトンパルスSと励起光源4aによる励起光Pがダイクロイックミラー5aで合波されて、伝送路の入射端側の光ファイバ1に入射する。このとき、出射端側の光ファイバ1にはダイクロイ

— 7 —

ックミラー5bで反射された励起光源4bによる励起光Pが入射する。

入射端側の光ファイバ1に入射した光ソリトンパルスSは、この光ファイバ1を伝搬中に減衰作用を受けて、次に光増幅用光ファイバ2に入射する。光ファイバ1を伝搬中に減衰した光ソリトンパルスSは、この光増幅用光ファイバ2を伝搬中に増幅されて、次の光ファイバ1に入射し、減衰作用を受け、続いて光増幅用光ファイバ2に入射し増幅作用を受ける。

このように、光ソリトンパルスSは、減衰作用と増幅作用を交互に繰り返し受け、光ファイバ1で失われたエネルギーを光増幅用光ファイバ2で補給して、その性質を崩壊されることなく保持されながら当該光ファイバ伝送路を伝搬され、出射端側の光ファイバ1から出射し、さらにダイクロイックミラー5bを透過して出力される。

以上のように、本実施例によれば、損失を有する光ファイバ1と光増幅機能を付与した光増幅用光ファイバ2を交互に接続して、光ソリトンパル

— 8 —

スSの光ファイバ1で失われたエネルギーを光増幅用光ファイバ2で補給しながら伝送路を伝搬させ、かつ、励起光源を光ソリトンパルスSの入射端に配設したので、伝送路途中には励起光源を配設することなく、無中継の超長距離光ソリトン伝送を実現でき、信頼性の高い、しかも保守性の優れた光通信システムを構成できる。

(発明の効果)

以上説明したように、請求項(1)によれば、光ソリトンが伝搬可能な異常分散を有する光ファイバ伝送路において、励起光源による励起光と光ソリトンを合波し当該伝送路に入射する光合波手段と、損失を有する異常分散光ファイバと、光増幅機能を付与した光増幅用異常分散光ファイバとを備え、前記異常分散光ファイバと前記光増幅用異常分散光ファイバを交互に接続したので、当該伝送路途中に励起光源を配設することなく、保守性に優れ、高い信頼性を得ることのできる超高速、かつ超長距離の光ソリトン用光ファイバ伝送路を実現できる利点がある。

— 9 —

— 10 —

また、請求項(2)によれば、光増幅用異常分散光ファイバ長を長手方向に順次、長尺化したので、請求項(1)の効果に加えて、さらに各光ファイバを伝搬するにつれ減衰する励起光の伝搬距離の長距離化並びに伝送路全体の長距離化を図ることができる。

また、請求項(3)によれば、光ソリトン出射端側に、光ソリトンと励起光を合分波し、かつ励起光を該出射端側から当該伝送路に入射する光合分波手段を配設したので、請求項(2)の場合に比べて、さらにほぼ2倍の無中継長距離伝送を実現できる。

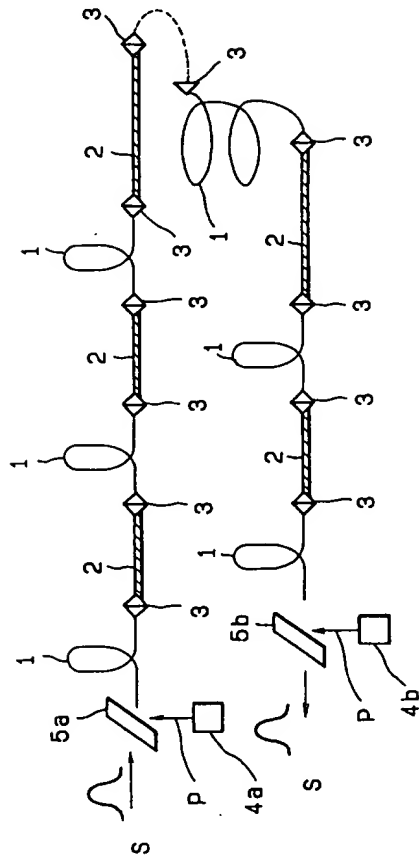
4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明による光ファイバ伝送路の一実施例を示す構成図、第2図は本発明に係る光ファイバの接続状態の説明図である。

図中、1…シングルモード光ファイバ、2…光増幅用シングルモード光ファイバ、3光コネクタ、4a、4b…励起光源、5a、5b…ダイクロイックミラー、S…光ソリトンパルス、P…励起光。

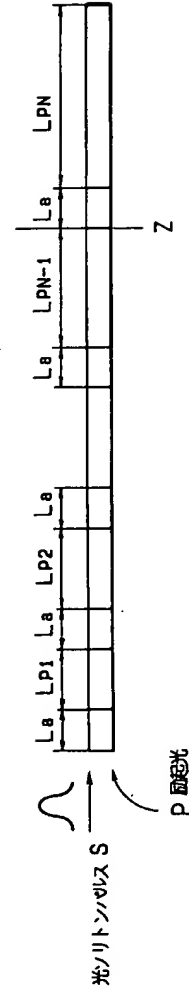
— 11 —

- 1: 光ファイバ
 2: 光導用光ファイバ
 3: 光コネクタ
 4a } 屈折光導
 4b }
 5a } ダイクロイックミラー
 5b }
 S: 光リトソグレス
 P: 屈折光



本発明の一実施例を示す構成図

第 1 図



本発明に係る光ファイバの接続状態の説明図

第 2 図

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.